

PAT-NO: JP02000332332A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000332332 A

TITLE: FIBER RAMAN AMPLIFIER AND OPTICAL FIBER
COMMUNICATION
SYSTEM USING SAME

PUBN-DATE: November 30, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
MASUDA, KOJI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>	N/A

APPL-NO: JP11138133

APPL-DATE: May 19, 1999

INT-CL (IPC): H01S003/10, H01S003/30 , H04B010/17 , H04B010/16 ,
H04B010/14
, H04B010/06 , H04B010/04

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a Raman amplifier whose Raman gain does not vary timewise and whose gain spectrum exhibits a satisfactory controllability.

SOLUTION: Exciting light is generated by driving a laser diode 2a with a current wherein an alternating current is superimposed upon a direct current, and a multiplexer 3 causes the generated exciting light incident on an optical fiber 1 together with signal light to optically excite the fiber 1, whereby the signal light is Raman-amplified. Thus, the oscillation wavelength spectrum of

the diode 2a is stabilized at multimode oscillation. Further, variations in Raman gain are suppressed by setting the frequency of the AC current to a value much higher than the frequency response cut-off frequency of the Raman gain, whereby the wavelength spectrum characteristics of the Raman gain can be stabilized.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-332332
(P2000-332332A)

(43) 公開日 平成12年11月30日 (2000. 11. 30)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 1 S 3/10		H 0 1 S 3/10	Z 5 F 0 7 2
	3/30		Z 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/17		H 0 4 B 9/00	J
	10/16		S
	10/14		

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-138133

(22) 出願日 平成11年5月19日 (1999. 5. 19)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 増田 浩次

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100078499

弁理士 光石 俊郎 (外2名)

Fターム(参考) 5F072 AB07 AB09 AK06 JJ05 MM03

PP07 QQ07 RR01 SS06 YY17

5K002 AA06 BA05 BA13 CA10 CA13

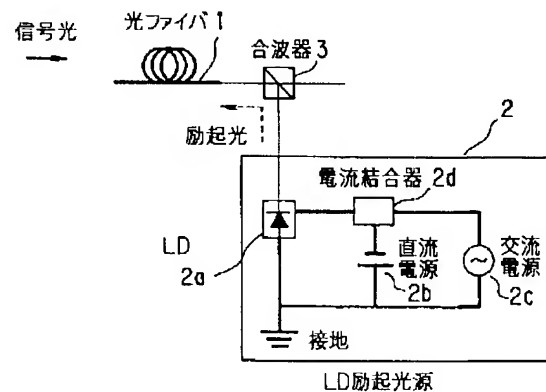
FA01

(54) 【発明の名称】 ファイバラマン増幅器及びそれを用いた光ファイバ通信システム

(57) 【要約】

【課題】 ラマン利得の時間変動がなく、利得スペクトルの制御性が良いラマン増幅器を提供するにある。

【解決手段】 直流に交流が重畳した電流でレーザダイオードを駆動して、発生した励起光を合波器で信号光と共に光ファイバに入射させて光ファイバを光励起することにより信号光をラマン増幅し、レーザダイオードの発振波長スペクトルを多モード発振で安定化し、交流電流の周波数をラマン利得の周波数応答遮断周波数より十分高く設定し、ラマン利得の変動を抑圧することにより、ラマン利得の波長スペクトル特性を安定化したことを特徴とする。



本発明の第1基本構成

【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザダイオード励起のファイバラマン増幅器であって、ファイバラマン増幅器の利得媒体としての光ファイバと、レーザダイオード励起光源と、前記レーザダイオード励起光源から出射した励起光と信号光を合波する波長合波器とを備え、前記波長合波器を出射した励起光を前記光ファイバに入射させて前記光ファイバを光励起し、前記光ファイバ中で信号光をラマン増幅し、前記レーザダイオード励起光源は、ファブリーペロー型のレーザダイオードと、直流電源と、交流電源と、電流結合器を備え、前記直流電源からの直流電流と、前記交流電源からの交流電流を、前記電流結合器を用いて結合し、前記レーザダイオードを前記重畳された電流で駆動して、前記レーザダイオードの発振波長スペクトルを多モード発振で安定化し、前記交流電流の周波数を、ラマン利得の周波数応答遮断周波数より十分高く設定し、前記励起光は前記重畳された電流により駆動されているため時間変動するが、ラマン利得の変動を抑圧することにより、ラマン利得の波長スペクトル特性を安定化したことを特徴とするファイバラマン増幅器。

【請求項2】 レーザダイオード励起のファイバラマン増幅器であって、ファイバラマン増幅器の利得媒体としての光ファイバと、2個のレーザダイオード励起光源と、前記レーザダイオード励起光源から出射した二つの励起光と信号光を合波する合波器とを備え、前記合波器を出射した励起光を前記光ファイバに入射させて前記光ファイバを光励起し、前記光ファイバ中で信号光をラマン増幅し、各励起光源のそれぞれはファブリーペロー型のレーザダイオードと、直流電源と、交流電源と、電流結合器とを備え、前記直流電源からの直流電流と、前記交流電源からの交流電流とを、前記電流結合器を用いて結合し、前記レーザダイオードを前記重畳された電流で駆動して、前記レーザダイオードの発振波長スペクトルを多モード発振で安定化し、各励起光電源の前記交流電源の位相を逆相に設定する位相調整器を有し、ラマン利得の波長スペクトル特性を安定化したことを特徴とするファイバラマン増幅器。

【請求項3】 前記請求項1又は2記載のファイバラマン増幅器において、前記光ファイバが伝送ファイバであることを特徴とする分布増幅型のファイバラマン増幅器を用いた光ファイバ通信システム。

【請求項4】 前記請求項1又は2記載のファイバラマン増幅器において、前記光ファイバがラマンファイバであることを特徴とする集中増幅型のファイバラマン増幅器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光ファイバ通信システム及び光信号処理システムに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来技術に係るファイバラマン増幅器（以降、簡単のため「ラマン増幅器」と呼ぶ）の基本構成を図13に示す。前記ラマン増幅器は、図13に示すように、利得媒質としての光ファイバ1、レーザダイオード（LD）励起光源2、及び信号光と励起光を合波する波長合波器3からなる。前記レーザダイオード励起光源2からの励起光は、前記波長合波器3を用いて前記光ファイバ1に、信号光伝搬方向に対して後方向から入射している。同様に、前方向から入射させる場合もある。

【0003】 前記レーザダイオード励起光源2は、レーザダイオード（LD）2aと直流電源2bとからなり、定電流駆動されている。従って、前記光ファイバ1は、一定の励起光パワーで励起されている。前記レーザダイオード2aは、ファブリーペロー型の高出力レーザダイオードであり、多モード発振している。図13のラマン増幅器から出射する励起光のスペクトルを図14に示す。ファブリーペロー型レーザダイオードの特徴として、図14(a)、(b)、(c)に示すような、多モード発振をしており、モード間の波長間隔は、通常1～2nm程度である。

【0004】 この多モード発振のスペクトル形状は、温度・駆動電流・内部光反射等の原因で敏感に変化し、一般に、温度・駆動電流を一定制御しても、時間変動を示す。図14(c)のように、励起光スペクトルが狭窄化することもある。図14(a)、(b)、(c)は、そのスペクトル時間変動の様子を示す。これら励起光スペクトルに対するラマン利得を、図14(a)、(b)に対して図15に、図14(c)に対して図16に示す。前記ラマン利得は、光ファイバ中での信号光利得である。ラマン利得は、励起光パワーが一定であれば、一般に波長差が一定の信号光波長に対して一定になる。

【0005】 従って、図14(a)、(b)に対するラマン利得スペクトルは、図15(a)、(b)に示すように時間変動を示す。また、図14(c)の励起光スペクトルに対するラマン利得スペクトルは、励起光スペクトルの狭窄化のため、一般に、利得の長波長域にリップルが現われる。以上のように、従来技術は、ラマン利得スペクトルが時間変動する、ラマン利得スペクトルを前記スペクトル変動量により細かく制御できないという欠点を有している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、前述した従来の技術の欠点を解決したラマン増幅器を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明のラマン増幅器に係る第1の基本構成を図1に示す。前記ラマン増幅器は、利得媒質としての光ファイバ1、レーザダイオード（LD）励起光源2、及び信号光と励起光の波長合波器

3からなる。前記レーザダイオード励起光源2からの励起光は、前記波長合波器3を用いて前記光ファイバ1に、信号光伝搬方向に対して後方向から入射している。同様に、前方向から入射させる場合もある。

【0008】前記レーザダイオード励起光源2は、レーザダイオード2a、直流電源2b、交流電源2c及び直流電流と交流電流の電流結合器（例えばバイアスティー）2dからなる。交流電流の波形は、正弦波やパルスである。前記レーザダイオード2aは、ファブリーペロー型の高出力レーザダイオードであり、直流に交流が重畳された電流で駆動されており、その時間平均値は直流電流値である。励起光パワーは、その重畳電流の時間変動に対応して時間変動している。前記交流電流の交流周波数は、ラマン利得の応答遮断周波数（F. Forghieri et al., Tech. Digest of Optical Fiber Communications Conference, FC6, pp. 294-295, 1994）より十分高い周波数に設定している。

【0009】従って、励起光パワーが時間変動していても、ラマン利得は時間変動せず一定である。図2に、ラマン利得の周波数応答特性を示した。励起光パワーの変調周波数（前記応答遮断周波数を1とした相対値）とラマン利得の変調成分（相対値）の関係をj示している。図2において、励起光パワーの変調周波数が前記応答遮断周波数より十分高い（例えば、相対値が100）とき、ラマン利得の変調成分は十分小さい（相対値が0.01）。

【0010】図3に、励起光パワー及びラマン利得の時間変動特性を示した。同図で、細線が示す励起光パワーの変動周期（ f_1 ）は、太線が示す励起光パワーの変動周期（ f_0 ）の5分の1であり、 f_0 は前記応答遮断周波数近傍の値を有する。細線が示すラマン利得の変動幅は、太線が示すラマン利得の変動幅の5分の1程度になっている。前記光ファイバ1の長さは、集中増幅型のラマン増幅器の場合で約100mから約1km、分布増幅型のラマン増幅器の場合で約10kmから約100kmである。ラマン利得の応答遮断周波数は、約1kHzから約100kHzである。

【0011】本発明のラマン増幅器の第2の基本構成を図6に示す。前記ラマン増幅器は、利得媒質としての光ファイバ1、2つのレーザダイオード（LD）励起光源4、5、その2つの励起光源4、5からの励起光を偏波領域で合波する偏波合波器6、及び信号光と励起光の波長合波器3からなる。前記励起光源4、5からの励起光は、前記波長合波器3を用いて前記光ファイバ1に、信号光伝搬方向に対して逆方向から入射している。同様に、前方向から入射させる場合もある。前記それぞれのレーザダイオード励起光源4、5は、レーザダイオード（LD）4a、5a、直流電源4b、5b、交流電源4c、5c及び直流電流と交流電流の電流結合器4d、5d（例えばバイアスティー）からなる。交流電流の波

形は、正弦波やパルスである。

【0012】前記レーザダイオード4a、5aは、ファブリーペロー型の高出力レーザダイオードであり、直流に交流が重畳された電流で駆動されており、その時間平均値は直流電流値である。レーザダイオード励起光源4とレーザダイオード励起光源5の交流電流の位相は、位相調整器7を用いて180度ずらしてある（いわゆる逆相）。レーザダイオード励起光源4とレーザダイオード励起光源5からの励起光パワーは、それぞれの重畳電流の時間変動に対応して時間変動しており、位相は180度ずれている。

【0013】従って、2つの励起光の総合パワーは、時間に依存せず一定になっている。図7に、レーザダイオード励起光源4とレーザダイオード励起光源5の駆動電流の時間依存性及びレーザダイオード励起光源4とレーザダイオード励起光源5の励起光パワーと総合パワーの時間依存性を示した。上記の本発明のラマン増幅器に係る第1の基本構成と第2の基本構成を比較すると、以下の特徴がある。

【0014】第2の基本構成は、励起光源が2個以上の場合に限り構成可能であるが、励起光スペクトルを多モードで安定化させるための交流電流の周波数及び振幅に関する制限はない。一方、第1の基本構成は、励起光源が1個で実現可能であるが、交流電流の周波数を前記ラマン利得の応答遮断周波数より十分大きく設定するという制約を有する。図1及び図6のラマン増幅器から出射する励起光のスペクトルを図4に示す。

【0015】重畳された交流電流によって、多モードで安定したスペクトルを示しており、モード間の波長間隔は、通常1~2nm程度である。この多モード発振のスペクトル形状は、一般に、温度・駆動電流を一定制御していれば安定であり、時間変動を示さない。また、従来技術の図14（c）のように、励起光スペクトルが狭窄化することはない。

【0016】図4の励起光スペクトルに対するラマン利得スペクトルを図5に示す。時間変動及び利得スペクトルリップルのないラマン利得スペクトルが得られている。また、前記レーザダイオードの温度或いは駆動電流を変化させたとき、前記励起光のスペクトル形状はそのまま、波長重心がシフトする。従って、温度或いは駆動電流を変えることにより、ラマン利得の波長域を細かく変化させることができる。上記のように、本発明により、ラマン利得の時間変動がなく、利得スペクトルの制御性が良いラマン増幅器が得られる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

〔第1実施例〕図8は、光ファイバ通信システムに適用された、本発明の第1実施例を示している。伝送ファイバ101をラマン増幅の利得媒質として用いた分布増幅

の場合である。前記伝送ファイバ101は、80kmの分散シフトファイバである。励起光の中心波長は1.48 μ m、信号光の中心波長は1.57 μ mである。

【0018】2個の励起光源104、105を用いており、各励起光源104、105はそれぞれレーザダイオードを有している。二つの励起光源104、105は、同じ構成を有しているため、簡単のため、一方の励起光源105の内部構成は、図8において省略している。励起光源104、105から出射した単一偏波の励起光は、偏波合波器106を用いて合波され、その偏波合波された励起光は、波長合波器103を用いて、信号光と合波されている。

【0019】伝送ファイバ101の信号光損失(約20dB)を補うため、エルビウム添加ファイバ増幅器(EDFA)108を、前記ラマン増幅器の後段に設置している。エルビウム添加ファイバ増幅器108の利得は約10dBである。励起光源104、105における直流電流は500mA、交流電流は100mAである。レーザダイオード駆動電流の変調度は、約20%である。

【0020】ラマン利得の周波数応答遮断周波数は約10kHz、交流電流の周波数は約1MHzである。励起光源104、105からの出射励起光パワーはそれぞれ約120mW、伝送ファイバ101への入力励起光パワーは約200mWである。本実施例におけるラマン利得スペクトルを図9に示す。光強度の中心波長は1.48 μ m、半値幅は約10nmである。

【0021】本実施例におけるラマン利得スペクトルを図10に示す。平坦利得の中心周波数は約1.57 μ m、平坦利得値は約10dBである。ラマン利得の時間変動は、0.1dB以下である。上記のように、励起光スペクトルが安定しているため、ラマン利得スペクトルが安定している。また、例えば、レーザダイオードの温度を変化させることで、励起光スペクトルの中心波長を細かく変化させることができる。例えば、10度の温度変化に対して、中心波長の変化は約5nmである。

【0022】〔第2実施例〕図11は、本発明の第2実施例の構成を示している。ラマンファイバ201をラマン増幅の利得媒質として用いた集中増幅の場合である。前記ラマンファイバ201は、8kHzの高NAファイバである。励起光の中心波長は1.43 μ m、信号光の中心波長は1.57 μ mである。2個の励起光源204、205を用いており、各励起光源204、205はそれぞれレーザダイオードを有している。

【0023】各励起光源204、205は、同じ構成を有しているため、簡単のため、一方の励起光源205の内部構成は、図11において省略している。励起光源204、205から出射した単一偏波の励起光は、偏波合波器206を用いて合波され、その偏波合波された励起光は、波長合波器203を用いて、信号光と合波されている。励起光源204、205における直流電流は50

0mA、交流電流は100mAである。

【0024】レーザダイオード駆動電流の変調度は、約20%である。ラマン利得の周波数応答遮断周波数は約100kHz、交流電流の周波数は約10MHzである。励起光源204、205からの出射励起光パワーはそれぞれ約120mW、ラマンファイバ201への入力励起光パワーは、約200mWである。本実施例における励起光スペクトルは図9と同様である。光強度の中心波長は1.48 μ m、半値幅は約10nmである。本実施例におけるラマン利得スペクトルは図10と同様である。平坦利得の中心周波数は約1.57 μ m、平坦利得値は約10dBである。ラマン利得の時間変動は0.1dB以下である。

【0025】〔第3実施例〕図12は、本発明の第3実施例の構成を示している。ラマンファイバ301をラマン増幅の利得媒質として用いた集中増幅の場合である。前記ラマンファイバ301は、8kmの高NAファイバである。励起光の中心波長は1.48 μ m、信号光の中心波長は1.57 μ mである。2個の励起光源304、305を用いており、各励起光源304、305はそれぞれレーザダイオードを有している。

【0026】励起光源304、305の交流電流は、位相調整器307により逆相でレーザダイオードを駆動している。励起光源304、305から出射した単一偏波の励起光は、偏波合波器306を用いて合波され、その偏波合波された励起光は、波長合波器303を用いて、信号光と合波されている。励起光源304、305における直流電流は、500mA、交流電流は100mAである。レーザダイオード駆動電流の変調度は、約40%である。

【0027】交流電流の周波数は任意設定可能であるが、例えば、50Hzである。励起光源304、305からの出射励起光パワーはそれぞれ約120mW、ラマンファイバ301への入力励起光パワーは約200mWである。本実施例におけるラマン利得スペクトルは図9と同様である。光強度の中心波長は、1.48 μ m、半値幅は約10nmである。本実施例におけるラマン利得スペクトルは図10と同様である。平坦利得の中心周波数は約1.57 μ m、平坦利得値は約10dBである。ラマン利得の時間変動は、原理的にない。

【0028】

【発明の効果】以上、実施例に基づいて具体的に説明したように、本発明によれば、ラマン利得の時間変動がなく、利得スペクトルの制御性が良いラマン増幅器が得られるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の基本構成を示す説明図である。

【図2】ラマン利得の周波数応答特性を示すグラフである。

【図3】励起光パワー及びラマン利得の時間変動特性を

示すグラフである。

【図4】本発明における励起光スペクトルを示すグラフである。

【図5】本発明におけるラマン利得スペクトルを示す説明図である。

【図6】本発明の第2の基本構成を示す説明図である。

【図7】駆動電流と励起光パワーの時間依存性を示すグラフである。

【図8】本発明の第1実施例の構成を示す説明図である。

【図9】本発明の第1実施例における励起光スペクトルを示すグラフである。

【図10】本発明の第1実施例におけるラマン利得スペクトルを示すグラフである。

【図11】本発明の第2実施例の構成を示す説明図である。

【図12】本発明の第3実施例の構成を示す説明図である。

【図13】従来技術の基本構成を示す説明図である。

【図14】従来技術の励起光スペクトルを示すグラフである。

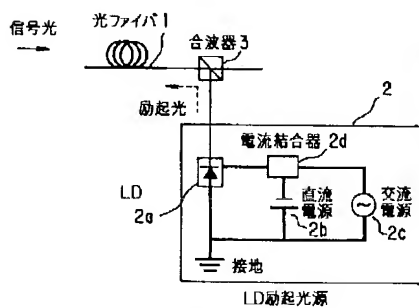
【図15】従来技術におけるラマン利得スペクトルを示すグラフである。

【図16】従来技術におけるラマン利得スペクトルを示すグラフである。

【符号の説明】

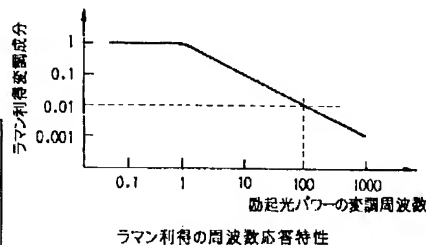
- 1 光ファイバ
- 10 2, 4, 5 レーザーダイオード励起光源
- 2a レーザーダイオード
- 2b 直流電源
- 2c 交流電源
- 2d 電流結合器
- 3 波長合波器
- 6 偏波合波器
- 7 位相調整器

【図1】



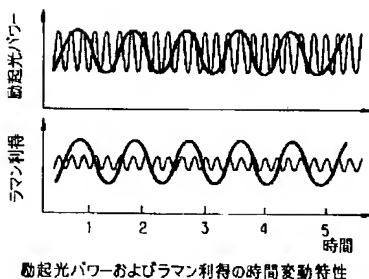
本発明の第1基本構成

【図2】



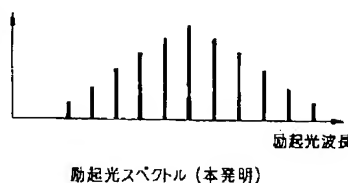
ラマン利得の周波数応答特性

【図3】



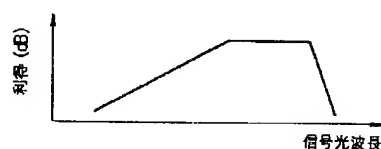
励起光パワーおよびラマン利得の時間変動特性

【図4】



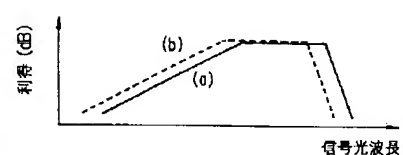
励起光スペクトル (本発明)

【図5】



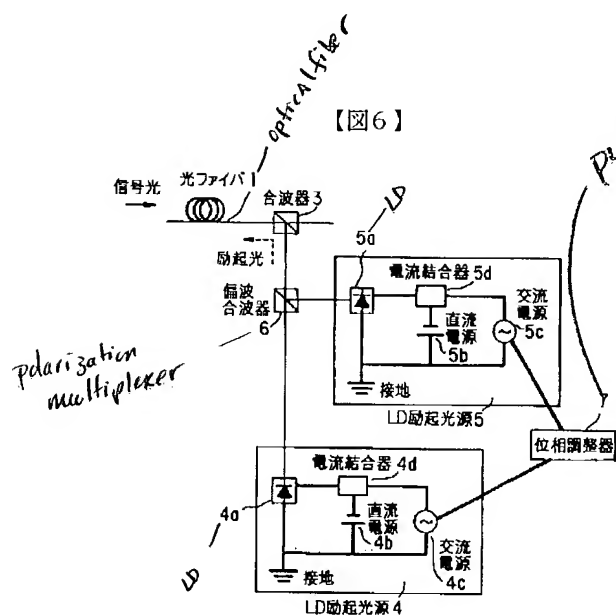
ラマン利得スペクトル (本発明)

【図15】 Raman Gain



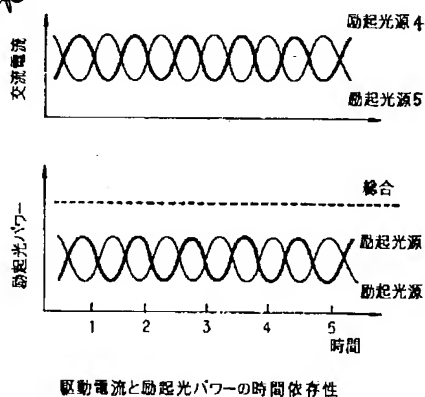
ラマン利得スペクトル
(従来技術の図14(a)および(b)の場合)

【図6】

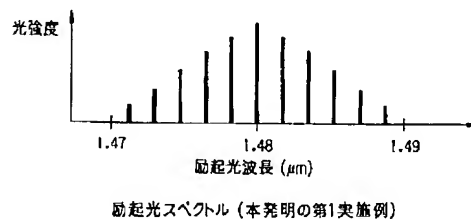


本発明の第2基本構成

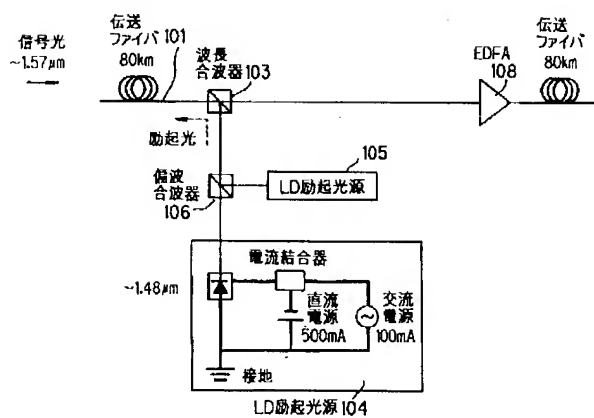
【図7】



【図9】

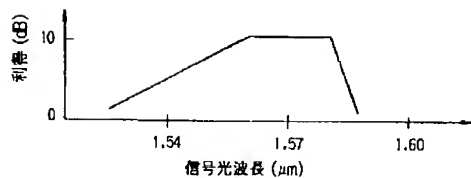


【図8】



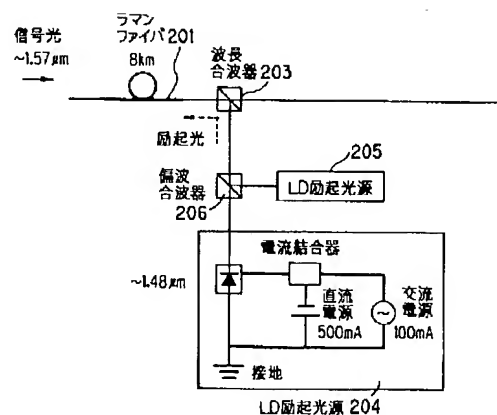
本発明の第1実施例の構成

【図10】



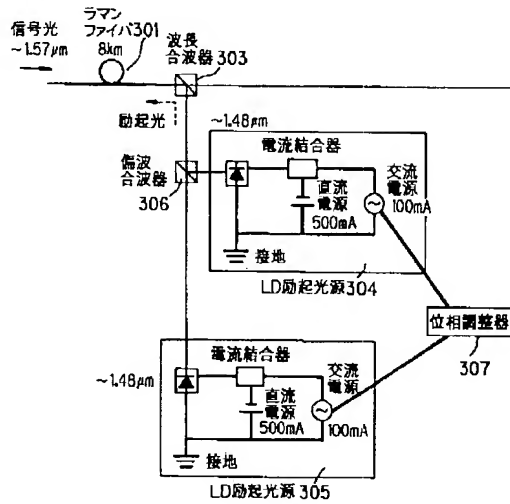
ラマン利得スペクトル (本発明の第1実施例)

【図11】



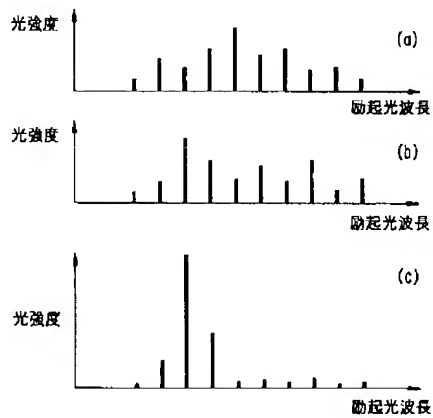
本発明の第2実施例の構成

【図12】



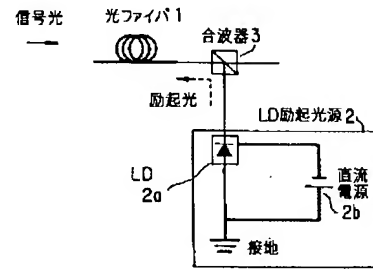
本発明の第3実施例の構成

【図14】



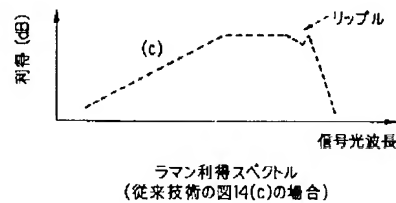
励起光スペクトル (従来技術)

【図13】



従来技術の基本構成

【図16】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H04B 10/06

10/04

識別記号

F I

テーマコード (参考)

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to an optic fiber communication system and an optical-signal-processing system.

[0002]

[Description of the Prior Art] The basic configuration of the Feiba Raman amplifier (henceforth, since it is easy, it is called the "Raman amplifier") concerning the conventional technique is shown in drawing 13. Said Raman amplifier consists of a wavelength multiplexing machine 3 which multiplexes the optical fiber 1, the laser diode (LD) excitation light source 2, and the signal light and excitation light as a gain medium, as shown in drawing 13. Incidence of the excitation light from said laser diode excitation light source 2 is carried out to said optical fiber 1 from the back to the signal light propagation direction using said wavelength multiplexing machine 3. Similarly, incidence may be carried out from front.

[0003] Said laser diode excitation light source 2 consists of (laser diode LD) 2a and DC-power-supply 2b, and the constant current drive is carried out. Therefore, said optical fiber 1 is excited by fixed excitation light power. Said laser diode 2a is the high power laser diode of a FABURI ** low mold, and is carrying out multimode oscillation. The spectrum of the excitation light which carries out outgoing radiation from the Raman amplifier of drawing 13 is shown in drawing 14. As a description of the Fabry-Perot mold laser diode, multimode oscillation as shown in drawing 14 (a), (b), and (c) is carried out, and wavelength spacing between the modes is usually about 1-2nm.

[0004] The spectrum configuration of this multimode oscillation changes sensitively by causes, such as temperature, a drive current, and an internal light reflex, and generally, even if it carries out fixed control of temperature and the drive current, it shows time variation. An excitation light spectrum may constriction-ize like drawing 14 (c). Drawing 14 (a), (b), and (c) show the situation of the spectrum time variation. The Raman gain over these excitation light spectrum is shown in drawing 15 to drawing 14 (c) at drawing 16 to drawing 14 (a) and (b). Said Raman gain is signal Mitsutoshi profit in an optical fiber. If the Raman gain has fixed excitation light power, generally a wavelength difference will become fixed to fixed signal light wave length.

[0005] Therefore, the Raman gain spectrum to drawing 14 (a) and (b) shows time variation, as shown in drawing 15 (a) and (b). Moreover, generally as for the Raman gain spectrum to the excitation light spectrum of drawing 14 (c), a ripple appears in the long wavelength region of gain for constriction-izing of an excitation light spectrum. As mentioned above, the conventional technique has the fault in which the Raman gain spectrum carries out time variation that the Raman gain spectrum is finely uncontrollable by said amount of spectrum fluctuation.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The purpose of this invention is to offer the Raman amplifier which solved the fault of a Prior art mentioned above.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The 1st basic configuration concerning the Raman amplifier of this invention is shown in drawing 1. Said Raman amplifier consists of the optical fiber 1 as a gain medium, the laser diode (LD) excitation light source 2, and a wavelength multiplexing machine 3 of signal light and excitation light. Incidence of the excitation light from said laser diode excitation light source 2 is carried out to said optical fiber 1 from the back to the signal light propagation direction using said wavelength multiplexing machine 3. Similarly, incidence may be carried out from front.

[0008] Said laser diode excitation light source 2 consists of 2d (for example, bias tea) of current couplers of laser diode 2a, DC-power-supply 2b, and AC-power-supply 2c and a direct current, and alternating current. The waves of alternating current are a sine wave and a pulse. Said laser diode 2a is the high power laser diode of the Fabry-Perot mold, it is driving with the current superimposed on the alternating current by the direct current, and the time average value is a direct-current value. Corresponding to the time variation of the superimposed current, time variation of the excitation light power is carried out. The alternating current frequency of said alternating current is set as a frequency sufficiently higher than the response cut-off frequency (295 F.Forghieri et al., Tech, Digest of Optical Fiber Communications Conference, FC6, pp.294- 1994) of the Raman gain.

[0009] Therefore, the Raman gain carries out time variation and is fixed even if excitation light power is carrying out time variation. The frequency response characteristic of the Raman gain was shown in drawing 2. The modulation frequency (relative value which set said response cut-off frequency to 1) of excitation light power, and the relation of the modulation component (relative value) of the Raman gain are shown. In drawing 2, when the fluctuation frequency of excitation light power is sufficiently higher than said response cut-off frequency (a relative value is 100), the modulation component of the Raman gain is small enough (a relative value is 0.01).

[0010] The time variation property of excitation light power and the Raman gain was shown in drawing 3. In this drawing, the fluctuation period (f_1) of excitation light power which a thin line shows is $1/5$ of the fluctuation period (f_0) of excitation light power which a thick wire shows, and f_0 has a value near [said] the response cut-off frequency. The range of fluctuation of the Raman gain which a thin line shows has become about [of the range of fluctuation of the Raman gain which a thick wire shows] $1/5$. In the case of Raman amplifier of an intensive magnification mold, in the case of Raman amplifier of about 1km and a distribution magnification mold, the die length of said optical fiber 1 is about 10km to about 100km from about 100m. The response cut-off frequency of the Raman gain is about 1kHz to about 100kHz.

[0011] The 2nd basic configuration of the Raman amplifier of this invention is shown in drawing 6. Said Raman amplifier consists of a polarization multiplexing machine 6 which multiplexes the excitation light from the laser diode (LD) excitation light sources 4 and 5 of 1 or 2 optical fibers as a gain medium, and the two excitation light sources 4 and 5 of those in a polarization field, and a wavelength multiplexing machine 3 of signal light and excitation light. Incidence of the excitation light from said excitation light sources 4 and 5 is carried out to said optical fiber 1 from hard flow to the signal light propagation direction using said wavelength multiplexing machine 3. Similarly, incidence may be carried out from front. Said each laser diode excitation light source 4 and 5 consists of (laser diode LD) 4a, 5a, DC power supplies 4b and 5b, AC power supply 4c and 5c, and current couplers 4d and 5d (for example, bias tea) of a direct current and alternating current. The waves of alternating current are a sine wave and a pulse.

[0012] Said laser diodes 4a and 5a are high power laser diodes of the Fabry-Perot mold, it is driving with the current superimposed on the alternating current by the direct current, and the time average value is a direct-current value. The phase of the alternating current of the laser diode excitation light source 4 and the laser diode excitation light source 5 is shifted 180 degrees using the phase adjuster 7 (the so-called opposition). Corresponding to the time variation of each superimposed current, time variation of the excitation light power from the laser diode excitation light source 4 and the laser diode excitation light source 5 is carried out, and the phase is shifted 180 degrees.

[0013] Therefore, the comprehensive power of two excitation light is not dependent on time amount, and is fixed. The time dependency of the drive current of the laser diode excitation light source 4 and the laser diode excitation light source 5 and the time dependency of the excitation light power of the laser diode excitation light source 4 and the laser diode excitation light source 5 and comprehensive power were shown in drawing 7. When the 1st basic configuration and the 2nd basic configuration concerning the Raman amplifier of above-mentioned this invention are compared, there are the following descriptions.

[0014] Although the 2nd basic configuration can be restricted when the excitation light source is two or more pieces, and it can constitute, there is no limit about the frequency and amplitude of alternating current for stabilizing an excitation light spectrum in the many modes. On the other hand, the 1st basic configuration has constraint of setting up the frequency of alternating current sufficiently more greatly than the response cut-off frequency of said Raman gain, although the excitation light source can be realized by one piece. The spectrum of the excitation light which carries out outgoing radiation from

drawing 1 and the Raman amplifier of drawing 6 is shown in drawing 4 .

[0015] The alternating current on which it was superimposed shows the spectrum stabilized in the many modes, and wavelength spacing between the modes is usually about 1-2nm. Generally, if fixed control of temperature and the drive current is carried out, the spectrum configuration of this multimode oscillation is stable, and does not show time variation. Moreover, an excitation light spectrum does not constrict like drawing 14 (c) of the conventional technique.

[0016] The Raman gain spectrum to the excitation light spectrum of drawing 4 is shown in drawing 5 . The Raman gain spectrum without time variation and a gain spectrum ripple is obtained. Moreover, when changing the temperature or the drive current of said laser diode, the spectrum configuration of said excitation light remains as it is, and a wavelength center of gravity shifts it. Therefore, the wavelength region of the Raman gain can be finely changed by changing temperature or a drive current. As mentioned above, by this invention, there is no time variation of the Raman gain and the Raman amplifier with the sufficient controllability of a gain spectrum is obtained.

[0017]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of this invention is explained with reference to a drawing.

The [1st example] Drawing 8 shows the 1st example of this invention applied to the optic fiber communication system. It is the case of the distribution magnification which used the transmission fiber 101 as a gain medium of the Raman magnification. Said transmission fiber 101 is a 80km distributed shift fiber. The main wavelength of 1.48 micrometers and signal light of the main wavelength of excitation light is 1.57 micrometers.

[0018] The two excitation light sources 104,105 are used and each excitation light source 104,105 has the laser diode, respectively. Since it has the same configuration, and it is easy, the two excitation light sources 104,105 are omitting the internal configuration of one excitation light source 105 in drawing 8 . It is multiplexed in the excitation light of the single polarization which carried out outgoing radiation using the polarization multiplexing machine 106 from the excitation light source 104,105, and is multiplexed with signal light in the excitation light by which polarization multiplexing was carried out using the wavelength multiplexing machine 103.

[0019] In order to compensate the signal optical loss (about 20dB) of the transmission fiber 101, the erbium addition fiber amplifier (EDFA) 108 is installed in the latter part of said Raman amplifier. The gain of the erbium addition fiber amplifier 108 is about 10dB. A direct current in the excitation light source 104,105 is 500mA, and alternating current is 100mA. The modulation factor of a laser diode drive current is about 20%.

[0020] The frequency of about 10kHz and alternating current of the frequency-response cut-off frequency of the Raman gain is about 1MHz. The input excitation light power of about 120mW and transmission fiber 101 HE of the outgoing radiation excitation light power from the excitation light source 104,105 is about 200mW, respectively. The Raman gain spectrum in this example is shown in drawing 9 . The main wavelength of optical reinforcement is 1.48 micrometers, and half-value width is about 10nm.

[0021] The Raman gain spectrum in this example is shown in drawing 10 . The center frequency of flat gain is about 1.57 micrometers, and a flat gain value is about 10dB. The time variation of the Raman gain is 0.1dB or less. As mentioned above, since the excitation light spectrum is stable, the Raman gain spectrum is stable. Moreover, for example, the main wavelength of an excitation light spectrum can be finely changed by changing the temperature of a laser diode. For example, change of main wavelength is about 5nm to the temperature change of 10 degrees.

[0022] The [2nd example] Drawing 11 shows the configuration of the 2nd example of this invention. It is the case of the intensive magnification which used Raman Feiba 201 as a gain medium of the Raman magnification. Said Raman Feiba 201 is a 8kHz high NA fiber. The main wavelength of 1.43 micrometers and signal light of the main wavelength of excitation light is 1.57 micrometers. The two excitation light sources 204,205 are used and each excitation light source 204,205 has the laser diode, respectively.

[0023] Since it has the same configuration, and it is easy, each excitation light source 204,205 is omitting the internal configuration of one excitation light source 205 in drawing 11 . It is multiplexed in the excitation light of the single polarization which carried out outgoing radiation using the polarization multiplexing machine 206 from the excitation light source 204,205, and is multiplexed with signal light in the excitation light by which polarization multiplexing was carried out using the wavelength

multiplexing machine 203. A direct current in the excitation light source 204,205 is 500mA, and alternating current is 100mA.

[0024] The modulation factor of a laser diode drive current is about 20%. The frequency of about 100kHz and alternating current of the frequency-response cut-off frequency of the Raman gain is about 10MHz. The input excitation light power of about 120mW and Raman Feiba 201 HE of the outgoing radiation excitation light power from the excitation light source 204,205 is about 200mW, respectively. The excitation light spectrum in this example is the same as that of drawing 9. The main wavelength of optical reinforcement is 1.48 micrometers, and half-value width is about 10nm. The Raman gain spectrum in this example is the same as that of drawing 10. The center frequency of flat gain is about 1.57 micrometers, and a flat gain value is about 10dB. The time variation of the Raman gain is 0.1dB or less.

[0025] The [3rd example] Drawing 12 shows the configuration of the 3rd example of this invention. It is the case of the intensive magnification which used Raman Feiba 301 as a gain medium of the Raman magnification. Said Raman Feiba 301 is a 8km high NA fiber. The main wavelength of 1.48 micrometers and signal light of the main wavelength of excitation light is 1.57 micrometers. The two excitation light sources 304,305 are used and each excitation light source 304,305 has the laser diode, respectively.

[0026] The alternating current of the excitation light source 304,305 is driving laser diode by opposition with the phase adjuster 307. It is multiplexed in the excitation light of the single polarization which carried out outgoing radiation using the polarization multiplexing machine 306 from the excitation light source 304,305, and is multiplexed with signal light in the excitation light by which polarization multiplexing was carried out using the wavelength multiplexing machine 303. A direct current in the excitation light source 304,305 is 500mA, and alternating current is 100mA. The modulation factor of a laser diode drive current is about 40%.

[0027] Although an arbitration setup is possible for the frequency of alternating current, it is 50Hz, for example. The input excitation light power of about 120mW and Raman Feiba 301 HE of the outgoing radiation excitation light power from the excitation light source 304,305 is about 200mW, respectively. The Raman gain spectrum in this example is the same as that of drawing 9. The main wavelength of optical reinforcement is 1.48 micrometers, and half-value width is about 10nm. The Raman gain spectrum in this example is the same as that of drawing 10. The center frequency of flat gain is about 1.57 micrometers, and a flat gain value is about 10dB. There is no time variation of the Raman gain theoretically.

[0028]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as concretely explained based on the example, according to this invention, there is no time variation of the Raman gain and it is effective in the Raman amplifier with the sufficient controllability of a gain spectrum being obtained.

[Translation done.]